

OPTYKA MECHANIKA PRECYZYJNA I PRZYRZĄDY OPTYCZNE	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-84
	Części optyczne Metoda ustalania dopuszczalnej liniowej niejednorodności optycznej	5515-04
		Grupa katalogowa 1340

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest określenie metody ustalania dopuszczalnej liniowej niejednorodności optycznej w częściach optycznych.

1.2. Określenia

1.2.1. niejednorodność optyczna w części optycznej — niejednorodność współczynnika załamania obejmująca cały obszar czynny części.

1.2.2. liniowa niejednorodność optyczna w części optycznej I — niejednorodność w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej części wyrażona wzorem $n = \int \vec{G} \cdot d\vec{r}$, w którym \vec{G} — oznacza rzut wektora gradientu współczynnika załamania n na tę płaszczyznę, r — promień wodzący; wartość liczbowa niejednorodności liniowej określa się iloczynem modułu G i wyrażenia 10^6 cm.

2. OBLICZANIE DOPUSZCZALNEJ NIEJEDNORODNOŚCI LINIOWEJ CZĘŚCI OPTYCZNYCH

2.1. Obliczenie dopuszczalnej niejednorodności liniowej i -tej części optycznej przy założeniu wartości spadku jasności Strehla wykonuje się ze wzoru

$$I_i = \frac{2,7\lambda\sqrt{\Delta J}}{N\varnothing_i \cdot d_i(0)|\alpha_i|} \cdot 10^6 \text{ cm} \quad (1)$$

w którym:

λ — długość fali światła, nm,

ΔJ — dopuszczalny spadek jasności Strehla całego układu wywołany niejednorodnością jego części optycznych,

N — liczba części optycznych w układzie optycznym,

\varnothing — średnica czynna części, mm,

$d(0)$ — grubość części mierzona wzdłuż osi optycznej, mm,

α — współczynnik kształtu części

$$\alpha = \frac{d(0) - d(1)}{d(0)} \quad (2)$$

gdzie $d(1)$ — grubość na brzegu obszaru czynnego części, mm.

W przyrządach o zmiennej przesłonie aperturowej dopuszczalną niejednorodność liniową należy określać dla przesłony otwartej.

2.2. Obliczenie dopuszczalnej niejednorodności optycznej i -tej części przy założeniu wartości aberracji falowej wykonuje się wg wzoru

$$I_i = \frac{10\lambda \cdot V_{\max}}{N\varnothing_i \cdot d_i(0)|\alpha_i|} \cdot 10^6 \text{ cm} \quad (3)$$

w którym V_{\max} — dopuszczalna maksymalna wartość aberracji falowej układu wywołanej niejednorodnością jego części optycznych, wyrażona w częściach λ .

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Centralne Laboratorium Optyki, Warszawa.

2. Autor projektu normy — prof. dr hab. inż. Florian Ratajczyk — Instytut Fizyki Politechniki Wrocławskiej.

3. Teoretyczne podstawy przedmiotu normy. Jeżeli w częściach optycznych występuje gradient G współczynnika załamania nie po-

krywający się z osią optyczną, wtedy pole współczynników załamania i -tej części w płaszczyźnie prostopadłej do osi wyraża się wzorem

$$n_i = \int \vec{G}_i \cdot d\vec{r} \quad (I-1)$$

w którym:

r — promień wodzący wychodzi z osi optycznej części.

Zgłoszona przez Centralne Laboratorium Optyki
 Ustanowiona przez Dyrektora Centralnego Laboratorium Optyki dnia 21 grudnia 1984 r.
 jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1985 r.
 (Dz. Norm. i Miar nr 4/1985 poz. 8)

Aberrację falową wywołaną tą niejednorodnością, odniesioną do sfery optymalnego odwzorowania opisano we wzorze

$$V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N d(0)_i \varnothing_i G_i \cos \varphi_i \left| \alpha_i \left(\frac{2}{3} e - e^3 \right) \right| \quad (I-2)$$

w którym:

φ — azymut wektora \vec{G} w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej części,

e — promień względny, współrzędna w układzie biegunowym (e, φ) .

Wzór na jasność Strehla w przybliżeniu Maréchała po uwzględnieniu wzoru (I-2) ma postać

$$J = 1 - \frac{k^2}{72} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} G_i \varnothing_i d(0)_i \alpha_i \right)^2 \right] + \quad (I-3)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{l,k} \cos(\varphi_l - \varphi_k) G_l G_k \varphi_l \varphi_k d(0)_l d(0)_k \alpha_l \alpha_k$$

Wzór ten przyjmuje bardzo prostą postać, a zarazem wyraża najmniej korzystny ze względu na jakość odwzorowania przypadek wtedy, gdy wektory \vec{G} we wszystkich soczewkach są wzajemnie równoległe, a ich zwroty w soczewkach dodatnich są przeciwne zwrotom w soczewkach ujemnych

$$J = 1 - \frac{k^2}{72} \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{2} G_i \varnothing_i d(0)_i \alpha_i \right)^2 \quad (I-4)$$

Z tego wzoru po elementarnych przekształceniach otrzymuje się wzór (1) służący do obliczania niejednorodności, gdy za kryterium przyjmuje się spadek jasności Strehla.

Obliczając natomiast ekstremum aberracji falowej opisanej we wzorze (I-2), otrzymuje się postać

$$V_{ex} = \frac{2\sqrt{2}}{27} \sum_{i=1}^N G_i \varnothing_i d(0)_i \alpha_i \quad (I-5)$$

z której bezpośrednio wynika wzór (3) służący do obliczania niejednorodności przy założeniu maksymalnej wartości aberracji falowej. Wzór (I-5) również odnosi się do przypadku, gdy wektory \vec{G}_i w soczewkach są wzajemnie równoległe, a ich zwroty w soczewkach dodatnich są przeciwne zwrotom w soczewkach ujemnych.

4. Literatura

Ratajczyk F., Grzech Z., Pietraszkiewicz K.: Tolerowanie wad materiałowych szkła i obliczanie ich wpływu na wartość miar odwzorowania. Instytut Fizyki Politechniki Wrocławskiej 1982.

Raport serii SPR nr 116/82 opracowany dla PZO — Warszawa.

5. Przykłady

Przykład 1

Obliczyć dopuszczalną niejednorodność liniową soczewek obiektywu rzutnika.

Dane konstrukcyjne:

R	$d(0)$	\varnothing	α
35,56 mm	5,1 mm	24 mm	0,55
-99,08 mm			
-30,27 mm	1,9 mm	22 mm	-1,84
44,46			
∞	5,7 mm	30 mm	0,63
-32,96			

Założenia:

1) Średnica wiązki aperturowej jest równa średnicy czynnej soczewek.

2) Dopuszczalny spadek jasności Strehla wywołany niejednorodnością wynosi $\Delta J = 0,01$.

3) Obiektyw pracuje w świetle białym, przyjmuje się więc $\lambda = 546,1$ nm.

Korzystając ze wzoru (1), otrzymuje się

dla soczewki 1 — $I = 7,3$,

dla soczewki 2 — $I = 6,4$,

dla soczewki 3 — $I = 4,6$.

Przykład 2

Obliczyć dopuszczalną niejednorodność liniową soczewek kolimatora.

Dane konstrukcyjne:

$d(0)$	\varnothing	α
19,2 mm	149 mm	0,44
12,0 mm	145 mm	-0,20
10,0 mm	116 mm	-0,44
15,0 mm	115 mm	0,51

Założenia:

1) Średnica wiązki aperturowej jest równa średnicy czynnej soczewek.

2) Dopuszczalna aberracja falowa wywołana niejednorodnością soczewek obiektywu wynosi $V_{max} = 0,02\lambda$.

3) Obiektyw pracuje w świetle białym, przyjmuje się więc $\lambda = 546$ nm.

Korzystając ze wzoru (3), otrzymuje się:

dla soczewki 1 — $I = 0,2$,

dla soczewki 2 — $I = 0,8$,

dla soczewki 3 — $I = 0,5$,

dla soczewki 4 — $I = 0,3$.